

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАРОДЖЕННЯ ТА РОСТУ ВТОМНИХ ТРІЩИН (РВТ) ВІД КОНЦЕНТРАТОРА В АЛЮМІНІЄВОМУ СПЛАВІ

Науковий керівник, к.т.н., доц. Пиндус Ю.І.

Заклепочні з'єднання широко використовуються в машинобудуванні, зокрема в конструкціях авіа- та літакобудування, які працюють в умовах циклічного знакозмінного навантаження. Доля заклепочних з'єднань в тримких конструкціях машин та механізмів складає понад 80%. Проте, заклепочні з'єднання є концентраторами напружень, в околі яких зароджуються і поширюються втомні тріщини. Це вимагає проведення додаткових досліджень міцності конструкцій з заклепочними з'єднаннями, з урахуванням періоду зародження та РВТ.

В якості досліджуваного матеріалу використовували алюмінієвий сплав 2024-Т3, який широко використовується для виготовлення обшивки крил та фюзеляжу сучасних літаків. Пластини для експериментальних досліджень, розміром 80×250 мм та 80×420 мм, вирізали з алюмінієвих листів у напрямку прокату і з'єднували трьома рядами заклепок, діаметром 5 мм, по три заклепки в кожному ряду. Дослідження виконували на випробувальній машині «Instron» за циклічного навантаження сталої амплітуди $\Delta\sigma=100\text{МПа}$, при частоті 15 Гц, за коефіцієнтів асиметрії $R=0,15; 0,3; 0,5$. При випробуваннях контроль за станом заклепочних з'єднань та РВТ здійснювали з використанням оптичного мікроскопу, при 25 кратному збільшенні.

Дослідження поверхні руйнування виконували на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И.

Для різної асиметрії циклу характерним є різний фронт втомної тріщини, короткий і широкий у випадку $R=0,15$ та більш витягнутий, наближений до напівеліптичного за $R=0,3; 0,5$. В усіх випадках РВТ проходив в товщі матеріалу, практично без виходу на поверхню. Це говорить про важливість виявлення тріщин до їх виходу на поверхню, оскільки після виходу на поверхню відбувається долом зразка.

Загальний механізм руйнування реалізується шляхом зародження та РВТ по площинам ковзання, під кутом 45° до вісі напружень. На стадії усталеного РВТ формуються чітко виражені втомні борозенки. Втомні борозенки розміщені на фасетках, розмір яких відповідає розміру структурних елементів сплаву. Орієнтація і рівні окремих фасеток змінюються від зерна до зерна. Наявність масивних включень викликає локальне в'язке руйнування за механізмом росту пор. При порівняно малій швидкості РВТ крок втомних борозенок менший. Із збільшенням швидкості РВТ крок борозенок зростає та збільшується кількість вторинних мікротріщин.

Аналіз гребенів на поверхні руйнування виявив, що грані покриті рельєфними малими гребінчиками, які розміщені з всіх сторін фасетки. Така картина може бути внаслідок дії складного механізму руйнування, при якому відбувається гілкування первинної тріщини, і первинна тріщина росте одночасно по всіх напрямках граней фасетки. Можна припустити, що мікроруйнування та ріст макротріщини при циклічному навантаженні відбувається за рахунок цілої системи мікроструктурно коротких тріщин, що об'єднуються в єдину сітку. Таким чином, руйнування відбувається при реалізації комплексного механізму який включає крихку і пластичну складову, що накладаються на цілу сіткову систему мікроструктурних тріщин.